

---

Bachelorarbeit Medientechnologie

# Effizientes und realistisches Partikelsystem zur Simulation von Feuer und Rauch in VR- Umgebung

vorgelegt von

**Miro Steiger**

Erstgutachter: Prof. Dr.-Ing. Arnulph Fuhrmann (Technische Hochschule Köln)

Zweitgutachter: Prof. Dr. rer. nat. Stefan Michael Grünvogel (Technische Hochschule Köln)

Köln, TT.MM.JJJJ

Fakultät für  
Informations-, Medien-  
und Elektrotechnik

**Technology**  
**Arts Sciences**  
**TH Köln**

# Bachelorarbeit

**Titel:** Effizientes und realistisches Partikelsystem zur Simulation von Feuer und Rauch in VR-Umgebung

**Gutachter:**

- Prof. Dr. Arnulph Fuhrmann (TH Köln)
- Prof. Dr. rer. nat. Stefan Michael Grünvogel (TH Köln)

**Zusammenfassung:** Der Einsatz von Virtual Reality findet in immer mehr Bereichen seinen Nutzen. Die Technik wird stetig verbessert und es gibt keine überzeugendere Möglichkeit um den Nutzer in eine andere Realität zu versetzen. Im Bereich der Brandbekämpfung könnte die Technik eine sichere und kostengünstigere Alternative zu bestehenden Trainingsmethoden sein. Im Rahmen dieser Arbeit wird ein effizientes Partikelsystem in der Game-Engine Unity entwickelt, welches eine realistische Darstellung von Feuer und Rauch in VR ermöglicht.

**Stichwörter:** Virtual Reality, Partikelsystem, Volumen Rendering, Parallax Mapping, Echtzeitrendering

**Datum:**

# Bachelors Thesis

**Title:** Efficient and realistic particle system to render fire and smoke in VR

**Reviewers:**

- Prof. Dr. Arnulph Fuhrmann (TH Köln)
- Prof. Dr. rer. nat. Stefan Michael Grünvogel (TH Köln)

**Abstract:** Virtual reality is being used in more and more areas. The technology is constantly being improved and there is no more convincing way to put the user into another reality. In the field of firefighting, the technique could be a safer and cheaper alternative to existing training methods. As part of this work, an efficient particle system is developed in the game engine unity, which creates a realistic representation of fire and smoke in VR.

**Keywords:** Virtual Reality, Particlesystem, Volume Rendering, Parallax Mapping, Real Time Rendering

**Date:**

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Problem . . . . .	1
1.2	Zielsetzung . . . . .	1
1.3	Struktur der Arbeit . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>3</b>
2.1	Virtual Reality . . . . .	3
2.2	Feuer und Rauch . . . . .	3
2.3	Partikelsysteme . . . . .	3
2.3.1	Billboards . . . . .	3
2.4	Abbildungsverfahren . . . . .	3
2.4.1	Normal Mapping . . . . .	3
2.4.2	Bump Mapping . . . . .	3
2.4.3	Parallax Mapping . . . . .	3
2.5	Volume Rendering . . . . .	3
2.5.1	Ray-Marching . . . . .	3
2.5.2	Texturbasierte Volumen . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Umsetzung</b>	<b>4</b>
3.1	Erstellung der Texturen . . . . .	4
3.2	Unity (?) . . . . .	4
3.3	Partikelsystem . . . . .	4
3.4	Shader . . . . .	4
<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>5</b>
4.1	Zusammenfassung . . . . .	5
4.2	Limitationen . . . . .	5
4.3	Ausblick . . . . .	5
	<b>Quellenverzeichnis</b>	<b>7</b>
	<b>Eidesstattliche Erklärung</b>	<b>8</b>

# 1 Einleitung

Die Simulation von Feuer und Rauch ist ein viel diskutiertes Thema in der Computergrafik. Einerseits spielen diese besonders in Videospielen und Filmproduktionen eine außerordentlich große Rolle. Auf der anderen Seite helfen solche Simulationen auch im Bereich der Gefahrenbekämpfung und -vorbeugung. So kann eine realistische Feuersimulation dazu beitragen, einen Trainingssimulator für die Feuerwehr zu entwerfen. Der Nutzer kann dabei mithilfe von Head-Mounted-Displays in ein virtuelles Brandszenario versetzt werden, ohne dabei wirklich in Gefahr zu sein. Eine solche Anwendung findet seinen Nutzen sowohl im Training von Einsatzkräften, als auch bereits bei der Entscheidung einem solchen Beruf nachzugehen. Hierbei gibt es verschiedenste Ansätze um ein künstliches erzeugtes Feuer auf einem Bildschirm anzeigen zu lassen. Eine gängige Methode für das Rendering von Gasen und Flüssigkeiten in Videospielen, in denen sich auch Feuer und Rauch aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften wiederfinden, sind der Einsatz von Partikelsystemen. Die physikalisch korrekte Simulation kann dabei, unter anderem mithilfe von Fluidsimulationen, sehr realitätsnah dargestellt werden. Auf realen physikalischen Eigenschaften basierende Simulationen sind jedoch sehr aufwändig in der Berechnung und bisher kaum für die Echtzeitanwendung gedacht. Gerade in Virtual-Reality-Systemen, in denen die Performance extrem wichtig für das Nutzererlebnis sind, eignet sich die aufwändige Simulation von Fluiden aufgrund ihrer Performance nicht. Als Alternative haben sich hierfür eine Art von Partikelsystemen etabliert, welche sich anstatt der physikalisch korrekten Eigenschaften eher an einer optischen Illusion mithilfe animierter Texturen bedienen. Hierbei ist das Konzept des "Billboardings" ein weit verbreiteter und beliebter Ansatz, um realistischere Renderings der Partikel zu erzeugen. Diese bieten eine optisch überzeugende und dabei noch hocheffiziente Lösung.

## 1.1 Problem

Ein solches Partikelsystem, basierend auf Texturen, kann auf einem flachen Bildschirm realistisch und optisch überzeugend aussehen. In einer VR-Umgebung gerät diese Methode jedoch leider an seine Grenzen. Die Illusion basiert auf der Eigenschaft, dass die flachen Partikel immer zum Nutzer, also der Kamera ausgerichtet sind. Dadurch lässt sich nicht erkennen, dass lediglich flache Texturen zum Einsatz kommen. Die Partikel sehen voluminös aus und täuschen Tiefe vor. In VR-Anwendungen müssen jedoch immer zwei Bilder erzeugt werden, eins für jedes Auge. Dadurch, dass sich die flachen Billboards immer zur jeweiligen Kamera, bzw. zum Mittelpunkt zwischen beiden Augen orientieren, zerstört dies die Illusion und es lässt sich erkennen, dass die Partikel ihre Tiefe lediglich vortäuschen. So sieht ein Feuer-Partikelsystem, basierend auf Texturen, schnell sehr unecht aus und die Immersion ist gestört. Um in einem Trainingsszenario der Feuerwehr jedoch einen wirklichen Nutzen zu finden, sollte das Feuer so realistisch wie möglich aussehen. Erst dann wird der Nutzer in eine echte Stresssituation versetzt und kann sich somit besser auf einen Einsatz in der realen Welt vorbereiten.

## 1.2 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist es, ein Partikelsystem zu entwickeln, welches alle Vorteile der Billboard-Technik nutzen kann, um auch in Virtual Reality-Umgebung ein realistisches Bild von Feuer und Rauch erzeugen zu können. Durch eine bessere, plausible Darstellung in der Stereo-Ansicht kann

beim Nutzer ein realeres Gefühl von Gefahr hervorgerufen werden, welches den Trainingseffekt deutlich erhöhen kann. Dabei soll ein solches Partikelsystem in Unity entworfen werden, welches sowohl in der Stereoansicht funktioniert, als auch in Hinblick auf die benötigte Performance für VR-Renderings die Mindest-Framerate einhalten kann. Hierzu muss ein Shader für die Billboard-Partikel entworfen werden, welcher beide Augen berücksichtigt. Aufgrund der verschiedenen visuellen Eigenschaften und des Verhaltens von Feuer und Rauch müssen jeweils eigene Systeme konzipiert werden.

### **1.3 Struktur der Arbeit**

## **2 Grundlagen**

### **2.1 Virtual Reality**

### **2.2 Feuer und Rauch**

### **2.3 Partikelsysteme**

#### **2.3.1 Billboards**

### **2.4 Abbildungsverfahren**

#### **2.4.1 Normal Mapping**

#### **2.4.2 Bump Mapping**

#### **2.4.3 Parallax Mapping**

### **2.5 Volume Rendering**

#### **2.5.1 Ray-Marching**

#### **2.5.2 Texturbasierte Volumen**

## **3 Umsetzung**

### **3.1 Erstellung der Texturen**

### **3.2 Unity (?)**

### **3.3 Partikelsystem**

### **3.4 Shader**

## **4 Ergebnisse**

Hier kommt das Ergebnis meiner Forschung rein

### **4.1 Zusammenfassung**

### **4.2 Limitationen**

### **4.3 Ausblick**



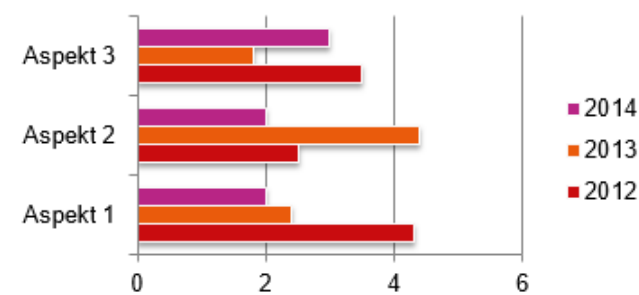


Abbildung 1 Entwicklung seit 2006

Überschrift 1	Überschrift 2	Überschrift 3
ABC	123	456
DEF	414	63

Tabelle 1 Mustertabelle

In dieser Vorlage sind Tabellen und Abbildungen fortlaufend nummeriert. Auf jede Abbildung und jede Tabelle muss im Text verwiesen werden. [Kufner, 2017] Hallo wie gehts

## Literatur

Kufner, Robert (2017). „Quasi volumetrisches Rendering einer gridbasierten 2D Smokesimulation unter Nutzung von Z-buffer und parallax Mapping“. In.

## Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorgelegte Abschlussarbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

---

Ort, Datum

---

Rechtsverbindliche Unterschrift

TH Köln  
Gustav-Heinemann-Ufer 54  
50968 Köln  
[www.th-koeln.de](http://www.th-koeln.de)